

# Voeding en gezondheid--voeding en sportprestaties

Citation for published version (APA):

Saris, W. H., & van Loon, L. J. (2004). Voeding en gezondheid--voeding en sportprestaties. *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, 148(15), 708-712.  
[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abstract&list\\_uids=15119203](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abstract&list_uids=15119203)

**Document status and date:**

Published: 01/01/2004

**Document Version:**

Publisher's PDF, also known as Version of record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.umlib.nl/taverne-license](http://www.umlib.nl/taverne-license)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[repository@maastrichtuniversity.nl](mailto:repository@maastrichtuniversity.nl)

providing details and we will investigate your claim.

## Voeding en gezondheid – voeding en sportprestaties

W.H.M.SARIS EN L.J.C.VAN LOON

Voor topatleten geldt meer dan ooit het olympisch devies: 'citius, altius, fortius' [sneller, hoger, sterker]. Records worden met grote regelmaat verbeterd. Zelfs het als onbreekbaar geachte record van verspringer Bob Beamon uit 1968 van 8,90 m werd na 23 jaar gebroken. Steeds nadrukkelijker komt de vraag naar voren: hoeveel sneller, hoger en sterker kan de mens nog worden?<sup>1</sup>

Wetenschappers zijn het erover eens dat naast training en aanleg andere factoren een essentiële rol spelen. De rol van voeding daarbij is sinds de introductie van spierbiopsie tijdens inspanningsproeven in de jaren zestig van de vorige eeuw wetenschappelijk bevestigd.<sup>2</sup> Toen werd aangetoond dat de duurprestatie kon worden verbeterd door het via voedingsaanpassingen verkrijgen van een supramaximaal spierglycogeengehalte. Dat was de start van een enorme ontwikkeling in het wetenschappelijk onderzoek naar de relatie tussen voeding en sportprestaties. Het gebied van functionele voedingsmiddelen dat de laatste jaren sterk in de belangstelling staat, is dan ook het best ontwikkeld in de sportvoeding.<sup>3,4</sup> Het is een onderzoeksgebied met ver ontwikkelde concepten en wetenschappelijk gevalideerde functionele voedingsmiddelen, zoals de isotone sportdranken, die uiteraard vooral van belang zijn voor de topsporter. Maar ook de serieuze amateursporter kan er zijn of haar voordeel mee doen. De keerzijde is echter dat het aantal voedingsproducten zonder enige wetenschappelijke onderbouwing van de prestatieverhogende claims juist in dit gebied groot is.

### VOEDING EN SPORTPRESTATIE

Sport betekent in de eerste plaats fysiologisch gezien het contraheren van spieren. Hiervoor is de productie van hoogenergetische fosfaten zoals adenosinetriphosfaat (ATP) in de spiermitochondria een essentiële voorwaarde. Daarmee is ook de primaire functie van een optimale sportvoeding vastgelegd, namelijk het faciliteren van een maximale energietoevoer naar de spiercel. Een van de belangrijkste limiterende factoren voor spiercontractie is juist de productie van energierijke fosfaten, zoals ATP, per tijdseenheid. In figuur 1a is een overzicht gegeven van de productiesnelheden onder anaërobe of aërobe condities van deze energierijke fosfaten op basis van de beschikbare voedingsbrandstoffen, koolhydraten

### SAMENVATTING

- Een optimale voeding is een belangrijke voorwaarde om op topniveau sport te bedrijven. Hierbij gaat het in de eerste plaats om de biobeschikbaarheid van koolhydraten en vetten als energiebron om in de skeletspier ATP te kunnen produceren.
- De voorraad aan glycogeen in lever en spier en mogelijk de voorraad aan intramusculaire triglyceriden spelen hierbij een belangrijke rol.
- Het gedurende 6-7 dagen vóór een belangrijke wedstrijd geleidelijk reduceren van het trainingsvolume en tegelijkertijd verhogen van het koolhydraatgehalte in de voeding resulteert in een grotere inspanningsprestatie.
- Onderzoek laat zien dat koolhydraat-elektrolytdrank met 6-8 gewichtsprocent koolhydraten en met een osmolariteit van 250-350 mosmol/l resulteert in een maximale koolhydraatoxidatie, afkomstig uit de drank van circa 1,0-1,1 g/min en een significant betere duurprestatie.
- Gebleken is dat voor herstel inname van een combinatie van koolhydraten en eiwit of aminozuren zeer effectief is.
- Functionele voedingsingrediënten, zoals cafeïne en creatine, geven significant betere prestaties.
- Dit in tegenstelling tot vele andere ingrediënten en producten die worden aangeprezen zonder dat de functionaliteit ervan is aangetoond.
- Daarom blijft, naast een aantal wetenschappelijk gevalideerde sportvoedingsproducten, een verantwoorde voeding een absolute voorwaarde voor een optimale sportprestatie.

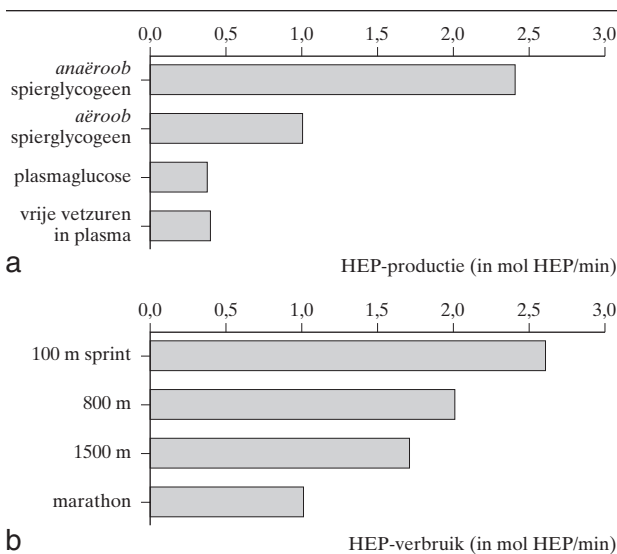
en vetten. Afhankelijk van de inspanningsintensiteit tijdens de verschillende sportactiviteiten (zie figuur 1b) wordt de metabole route van de energieleverende substraten gereguleerd onder invloed van vele hormonen en enzymsystemen in de spiercel.

*Aanvoer van energieleverende substraten naar de spier.* Drie aanvoerroutes zijn van belang. Ten eerste de aanvoer van glucose en vetzuren via de circulatie, die vanuit de darm kunnen worden opgenomen met de voeding (de zogenaamde exogene koolhydraten en vetten). Ten tweede de endogene voorraden van koolhydraten en vetten in respectievelijk de lever en het vetweefsel. Tenslotte de direct beschikbare energievoorraden in de spier in de vorm van glycogeen en intramusculaire triglyceriden (IMTG's). De glycogeenvoorraad in de spieren en de lever is beperkt en slechts voldoende voor 60-90 min intensieve inspanning, dat wil zeggen inspanning op 60-70% van het maximale prestatievermogen, dat wordt uitgedrukt in het maximale verbruik van zuurstof ( $VO_{2max}$ ). Energievoorraden in de vorm van triglyceriden in vetweefsel zijn in relatie tot de energiebehoefte bij de sportinspanning vrijwel onuitputtelijk, maar gezien de beperkte transportcapaciteit via de bloedbaan

Universiteit van Maastricht, Nutrition and Toxicology Research Institute NUTRIM, Postbus 616, 6200 MD Maastricht.

Hr.prof.dr.ir.W.H.M.Saris, medisch voedingsfysioloog; hr.dr.L.J.C.van Loon, inspanningsfysioloog.

Correspondentieadres: hr.prof.dr.ir.W.H.M.Saris (w.saris@hb.unimaas.nl).



FIGUUR 1. Productiesnelheid van hoogenergetische fosfaten (HEP), zoals ATP, in mol/min in de skeletspier uit de verschillende substraatbronnen onder anaërobe en aërobe condities (a), alsmede het gebruik tijdens sport met verschillend inspanningsniveau (b).<sup>5</sup>

(beperkt in verband met de noodzakelijke binding aan albumine) vooral van belang voor de lagere inspanningsniveaus (tot 60-70% van  $Vo_{2max}$ ). Vooral de laatste jaren is meer inzicht gekomen in het belang van IMTG's als direct beschikbare energiebron in de nabijheid van de spiermitochondria.<sup>6</sup>

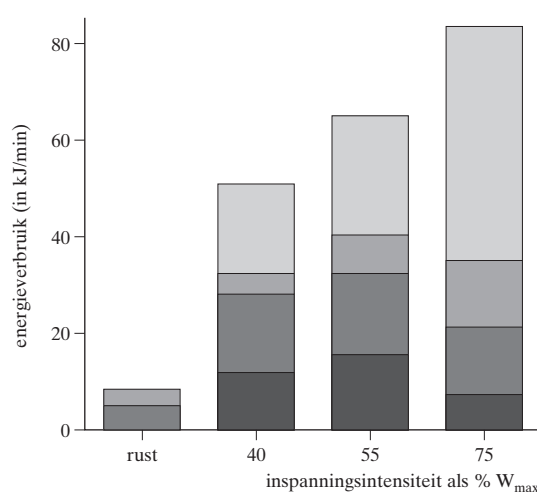
*Verschil van substraten per inspanningsintensiteit.* Figuur 2 geeft weer welke substraatroutes worden aangesproken als energiebron, afhankelijk van de inspanningsintensiteit. De bijdrage vanuit de circulatie, dus ook van mogelijk exogene oorsprong (voeding), is het hoogst bij een inspanningsniveau van 45-55% van  $Vo_{2max}$  (joggen, fietsen met een snelheid van 25-30 km/h; in de figuur staat het percentage van  $W_{max}$ ; het verband met  $Vo_{2max}$  luidt:  $Vo_{2max} \text{ (in l)} = 0,013 W + 0,26$ ). Bij hogere inspanningsniveaus worden vooral de energievoorraden in de spier zelf aangesproken, in het bijzonder spierglycogeen. Een hoger spierglycogeenniveau bij de start van de inspanning betekent dan ook langer kunnen presteren bij een hogere intensiteit. Uitputting van de spierglycogeenvoorraad vindt meestal na 60-90 min inspanning op wedstrijd-niveau plaats, hetgeen door betrokkene wordt ervaren als het fenomeen 'kapot zitten' of 'pap in de benen'. In hoeverre een maximale IMTG-voorraad nog een extra bijdrage kan leveren, is nog onduidelijk. Maar te lage voorraden zullen zeker een negatieve invloed hebben op de prestatie.

Gezien de beperkte glycogeenvoorraad in de spier is de aanvoer van glucose en in mindere mate van vetzuren via de circulatie van essentieel belang bij het presteren tijdens (duur)inspanningen van middelmatige tot hoge intensiteit.

Door Bergstrom et al. werd in 1967 al aangetoond dat een combinatie van spierglycogendepletie door middel

van een duurspanning circa een week vóór de wedstrijd met daarna een koolhydraatrijk dieet (> 60 energieprocenten (energie%) in de vorm van koolhydraten) tot aan de wedstrijddag in een maximale glycogeenstapeling resulteerde.<sup>8</sup> Deze abrupte en nogal rigoureuze methode is op basis van onderzoek verbeterd en gaat nu uit van een combinatie van gedurende 6-7 dagen vóór een belangrijke wedstrijd het trainingsvolume dagelijks reduceren en tegelijkertijd het koolhydraatgehalte in de voeding verhogen van de normale 55 energie% naar 70 energie% of zelfs hoger.<sup>9</sup>

*Koolhydraat-elektrolytdrank.* Gedurende de inspanning zijn 2 fysiologische fenomenen van belang die de prestatie sterk beïnvloeden. Enerzijds is dat de eerder genoemde productie van energierijke fosfaten, zoals ATP in de spier en de daarmee samenhangende optimale energietoevoer via de voeding. Anderzijds is er de grote warmteproductie tijdens de inspanning, omdat de spier slechts een energetische efficiëntie heeft van circa 20%. Dat betekent dat slecht 20% van alle spierarbeid wordt omgezet in mechanische arbeid en de rest verloren gaat als warmte. Daarom is het van belang voldoende te drinken om verliezen ten gevolge van zweten te compenseren. Het prestatievermogen daalt namelijk snel bij toenemende dehydratie en stijgende lichaamstemperatuur. Op basis van uitgebreid wetenschappelijk onderzoek is gebleken dat koolhydraat-elektrolytdranken de optimale combinatie leveren om aan beide fysiologische fenomenen tegemoet te komen.<sup>10</sup> Verschillende typen koolhydraten zijn getest, maar combinaties van glucose, sucrose, maltose en maltodextrine blijken het effectiefst te zijn.<sup>11</sup> Onderzoek naar wateroplosbare vetten in de vorm van vetzuren van middellange ketens als alternatieve energiebron leverde geen extra voordeel op.<sup>12</sup>



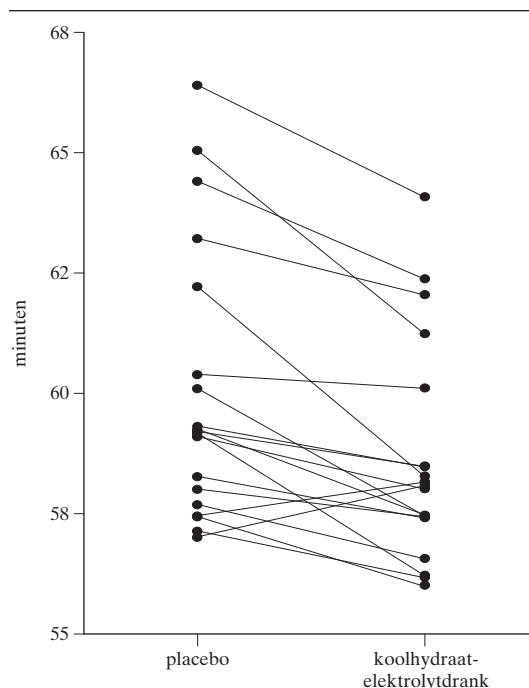
FIGUUR 2. Gemiddeld substraatgebruik bij verschillende niveaus van energieverbruik (in kJ/min) tijdens lichamelijke inspanning op verschillende intensiteitsniveaus als percentage van het maximale vermogen in watt ( $W_{max}$ ): spierglycogeen (□); plasmagluucose (■); plasmavrije vetzuren (■); andere vetbronnen (■).<sup>7</sup>

Omdat een snelle opname van de sportdrink in de darm van belang is tijdens de inspanning om zo ervoor te zorgen dat de opgenomen energie ook beschikbaar komt in de spier, is er veel onderzoek gedaan naar maag-lediging en darmresorptie tijdens inspanning. Gebleken is dat koolhydraat-elektrolytdranken met een concentratie die een isotone toestand creëert (290 mosmol/l) of die enigszins hypotoon zijn, het effectiefst zijn (ter vergelijking: cola heeft een osmolariteit van circa 550 mosmol/l). Praktisch komt deze concentratie van koolhydraten (en elektrolyten) goed overeen met de maximale capaciteit aan te oxideren exogene koolhydraten in de spier, die ligt rond de 1,0 à 1,1 g/min.<sup>11</sup> Opname van meer koolhydraten tijdens de inspanning geeft geen hoger aandeel van de exogene koolhydraten in de totale koolhydraatoxidatie en heeft dus geen additionele waarde.

De combinatie van circa 60 g koolhydraten per uur als maximale energiebijdrage tijdens inspanning vanuit de voeding, met circa 0,75-1 l water per uur als compensatie voor het vochtverlies, resulteert in een drank met 6-8 gewichtsprocent koolhydraten en een osmolariteit van 250-350 mosmol/l. Sportdranken hebben een relatief hoog natriumgehalte, dat vergelijkbaar is met dat van orale rehydratievloeistof, om een maximale water-glucoseflux over de darmwand te verkrijgen.<sup>10</sup> Uiteraard is het koolhydraatgehalte mede afhankelijk van het vochtverlies. Bij warm weer ligt de nadruk op extra vochtopname en zal de drank meer hypotoon (150-200 mosmol/l) dienen te zijn.

Veel studies hebben het prestatieverhogend effect van dit type koolhydraat-elektrolytdrank aangetoond bij verschillende sporten, onder verschillende condities. In figuur 3 zijn de resultaten weergegeven van een dubbelblinde placebogecontroleerde tijdtrial met de fietsergometer, waarmee zo snel mogelijk 40 km moest worden afgelegd. Zelfs bij een dergelijke relatief korte inspanningsperiode is een duidelijk prestatieverbeterend effect te bereiken met dit type van koolhydraat-elektrolytdrank ten opzichte van water alleen.<sup>13</sup>

**Herstel na de inspanning.** Na de inspanning is een snel herstel van de energievoorraden in de spier van belang om de volgende dag weer te kunnen presteren of te trainen. Vooral de laatste jaren heeft onderzoek nieuwe inzichten opgeleverd ten aanzien van de glycogeenresynthese. Dit in tegenstelling tot IMTG, waarvoor het onderzoek naar de rol daarvan tijdens en na de inspanning met behulp van nieuwe beeldvormende technieken zoals spectroscopie met nucleaire magnetische resonantie (NMR) recent van start is gegaan en waarbij het nog niet duidelijk is of hier ook winst te behalen is in een sneller herstel via de voeding.<sup>14</sup> Glycogeenresynthese in de spier is vooral de eerste uren na de inspanning het hoogst, mits voldoende snel resorbeerbare koolhydraten worden opgenomen (circa 1,0-1,5 g/kg lichaamsgewicht/h). Toevoeging van een kleine hoeveelheid eiwit (0,2-0,4 g/kg lichaamsgewicht/h) geeft een extra versnelling van de resynthese, zeer waarschijnlijk veroorzaakt door een verhoogde insulinerespons.<sup>7</sup> Met een combinatie van eiwithydrolysaat en de aminozuren leucine en fenylalanine gedurende een periode van 5 h na een zware inspan-



FIGUUR 3. Effect van koolhydraat-elektrolytsportdrink versus water op de duur (in min) van een tijdrit van 40 km op de ergometer in een dubbelblinde studie bij 19 goed getrainde duur-athleten.<sup>13</sup>

ning bleek de insulinerespons met meer dan 113% te kunnen worden verhoogd. Deze verhoogde insulinerespons heeft waarschijnlijk ook een positief effect op de eiwitsynthese in de spier en zou een versnelling kunnen betekenen van het herstel van de spierschade en eventueel de vergroting van de spiermassa. Dit zal met name in de komende jaren een belangrijk gebied van onderzoek worden.

#### VITAMINEN EN MINERALEN

Reeds in de jaren zeventig van de vorige eeuw werd geconstateerd dat opname van extra vitaminen en mineralen via voedingssupplementen geen nut heeft als de voorziening via de normale voeding adequaat is.<sup>3</sup> Onderzoek in de afgelopen 30 jaar heeft daar weinig nieuwe inzichten aan toegevoegd. Een adequate opname kan echter een probleem zijn bij een relatief lage energieopname, zoals vaak gezien wordt bij sporten waarbij lichaamsgewicht en uiterlijk een rol spelen, bijvoorbeeld bij turnsters. Ook bij een zeer hoge energieopname, zoals bij wielrenners, is het vaak moeilijk producten te nuttigen met een voldoende hoge voedingswaarde. Meestal wordt namelijk gekozen voor geraffineerde koolhydraten als snel beschikbare energiebron, maar met een lage vitamine- en mineralendichtheid.

IJzer is uiteraard al van oudsher een mineraal dat sterk in de belangstelling staat. Verhoging van de hemoglobineconcentratie leidt tot betere duurprestaties, zoals gebleken is uit training op grote hoogte, maar zeker ook sinds de introductie van epoëtine als doping-

middel eind jaren tachtig van de vorige eeuw in de wielersport. Daarbij leidde het kunstmatig verhogen van de hemoglobineconcentratie tot het instellen van een maximale waarde voor de hematocriet.<sup>15</sup> Toch is de effectiviteit van extra ijzer in dezen maar beperkt en zijn er risico's van stapeling, zeker als er regelmatig intramusculair wordt toegediend.<sup>16</sup> IJzeroverdosering kan leiden tot leverhemosiderosis, met op lange termijn een verhoogde kans op hart- en vaatziekten en mogelijk kanker.<sup>17</sup> Daarnaast remt ijzer de opname van belangrijke mineralen die van belang zijn voor de eiwitsynthese en de immunestatus, zoals zink.

Ook van andere mineralen zijn de suppletiestudies niet overtuigend, zoals van calcium bij vrouwelijke duursporters, dat een verhoogd risico op osteoporose geeft, of van zink.

Fysieke inspanning leidt tot een groter zuurstofverbruik en daarmee tot een toename van vrije radicalen. Reden waarom vaak antioxidantia zoals vitamine E, C en  $\beta$ -caroteen worden aanbevolen. Toch is ook hier het extra gebruik door sporters twijfelachtig. Fysieke training leidt op termijn tot een toename in de capaciteit van endogene antioxidantensystemen zoals glutathionperoxidase, katalase en het superoxidedismutase.<sup>18</sup> Suppletiestudies laten over het algemeen weinig of geen effect zien.

Dit is reden om te blijven wijzen op het belang van een goede gevarieerde basisvoeding conform de Nederlandse voedingsrichtlijnen van de Gezondheidsraad.<sup>19, 20</sup>

#### FUNCTIONELE VOEDINGSINGREDIËNTEN

Voedingsingrediënten die van nature in het voedsel voorkomen, maar vaak in kleine hoeveelheden, kunnen in geconcentreerdere vorm prestatieverhogend werken. Twee voorbeelden laten zien dat hier een grijs gebied is tussen voeding en doping.

**Cafeïne.** Cafeïne en andere xanthinederivaten in de voeding zijn van oudsher bekend als centraal werkende stimulantia die perifeer de lipolyse bevorderen. Lang werd aangenomen dat alleen relatief hoge doseringen een verhogend effect op de duurprestatie zouden hebben, door de verhoogde lipolyse en vetoxidatie om daarmee glycogeen te sparen, en daarnaast door een mogelijk centraal werkend effect. Onderzoek heeft aangetoond dat inname van 4 mg/kg lichaamsgewicht prestatieverbeterend werkt.<sup>21</sup> In het algemeen wordt inname boven de 12-15 mg/kg lichaamsgewicht niet acceptabel gevonden in verband met de dopinggrens van 12 mg/l in de urine. Dit komt overeen met het drinken van circa 6 tot 8 koppen koffie.

**Creatine.** Een relatief nieuw prestatieverhogend ingrediënt is creatine. Het komt normaal voor in de voeding (vlees en vis) en de gemiddelde inname via de voeding is circa 1 g per dag. In de spiercel is creatinefosfaat een energierijke fosfaatdonor om ATP te genereren. Daarmee kan het gedurende de eerste 30-60 s van een inspanning met hoge intensiteit (bijvoorbeeld sprinten) de benodigde energie leveren. De creatinefosfaatconcentratie in de spier kan verhoogd worden door suppletie van creatine(monohydraat) in tabletvorm. In meer-

dere studies is aangetoond dat de prestatie bij herhaalde inspanning van hoge intensiteit en korte duur (sprint, teamsport zoals voetbal, krachtsport) met circa 5-10% toeneemt.<sup>22</sup> De aanbevolen dosis is 20 g per dag gedurende 5-6 dagen, gevolgd door een onderhoudsdosis van 3 g per dag. Duidelijk mag zijn dat deze hoeveelheden niet uit een normale voeding gehaald kunnen worden.

Men kan zich dan ook de vraag stellen bij zowel het voorbeeld van cafeïne alsook creatine of hier nog sprake is van sportvoeding. Het gebruik van een hoge doseering cafeïne staat op de dopinglijst.

Verwacht wordt dat het Internationaal Olympisch Comité in samenwerking met de internationale sportbonden de dopinglijst zal opschonen en dit soort van voedingsgeduide producten niet meer als doping zal aanmerken. Dit zal zeker in de toekomst nog meer het belang benadrukken van een goede voorlichting aan de sporters over de voordelen van natuurlijke voedingsingrediënten als basis voor functionele sportvoeding.

Er is een lange lijst van voedingsingrediënten waarvan het prestatieverhogende effect twijfelachtig is, zoals carnitine, de vertakte-ketenaminozuren (leucine, isoleucine en valine), tryptofaan, aspartaat, hydroxycitraat, taurine, lactaatzouten, polylactaat en chroompicolinaat. Daarnaast is er een nog veel langere lijst van exotische producten, zoals koninginnengelei, bijenpollen, ginseng en vele kruidenextracten met sterke prestatieclaims, maar met weinig of geen validerend onderzoek. Gezien de toch frequente meldingen van soms ernstige bijwerkingen van dit soort producten is het gebruik ervan dan ook af te raden.<sup>23</sup> Daarnaast is gebleken dat dergelijke producten soms van nature dan wel als verontreiniging prohormonen bevatten die het risico op een positieve dopingcontrole doen stijgen. Reden waarom ook de laatste jaren sporters kritischer naar deze categorie van supplementen kijken.

Belangenconflict: geen gemeld. Financiële ondersteuning: voor een aantal van de gerefereerde studies werd financiële steun ontvangen van Novartis AG, Zwitserland, Quest International, Naarden, en de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO), Den Haag.

---

#### ABSTRACT

##### *Nutrition and health – nutrition and performance in sports*

– Optimal nutrition is an important prerequisite for a top-level performance in sports. Of primary importance in this connection is the bioavailability of carbohydrates and fats as a source of energy so that the muscles can produce ATP.

– The amount of glycogen in the liver and skeletal muscles and possibly the intramuscular triglyceride levels play a pivotal role in this process.

– Gradually decreasing the amount of training during the last 6-7 days before an important game and simultaneously increasing the amount of dietary carbohydrates results in a higher physical performance.

– Studies have shown that carbohydrate-electrolyte solutions with 6-8% carbohydrate by weight and an osmolality of 250-350 mosmol/l result in a maximal carbohydrate oxidation from the solution of about 1.0-1.1 g/min and a significantly enhanced endurance.



- A combination of carbohydrates and proteins or amino acids has proven to be very effective to accelerate recovery after exhausting exercise.
- Functional food ingredients such as caffeine and creatine result in a significantly enhanced performance.
- This is contrast to many other ingredients and products for which the extravagant claims have not been substantiated.
- Hence, in addition to a few functional sports supplements for which the value has been scientifically demonstrated, sound nutrition remains an absolute prerequisite for an optimal performance in sports.

---

#### LITERATUUR

- 1 Masood E. Swifter, higher, stronger: pushing the envelope of performance. *Nature* 1996;382:12-3.
- 2 Bergstrom J, Hultman E. Muscle glycogen synthesis after exercise: an enhancing factor localized to the muscle cells in man. *Nature* 1966;210:309-10.
- 3 Saris WHM. Athletics. In: Garrow JS, James WPT, Ralph A, editors. *Human nutrition and dietetics*. Londen: Churchill Livingstone; 2000. p. 471-80.
- 4 Roos NM de, Katan MB. Voeding en gezondheid – zin en onzin van voedingssupplementen en functionele voedingsmiddelen. *Ned Tijdschr Geneesk* 2003;147:60-4.
- 5 Vusse GJ van der, Reneman RS. Lipid metabolism in muscle. In: Rowell LB, Shephard JT, editors. *Handbook of physiology*. Vol 12. New York: Oxford University Press; 1996. p. 952-94.
- 6 Watt MJ, Heigenhauser GJ, Spriet LL. Intramuscular triacylglycerol utilization in human skeletal muscle during exercise: is there a controversy? *J Appl Physiol* 2002;93:1185-95.
- 7 Loon LJ van, Saris WH, Kruijschoop M, Wagenmakers AJ. Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures. *Am J Clin Nutr* 2000;72:106-11.
- 8 Bergstrom J, Hermansen L, Hultman E, Saltin B. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol Scand* 1967;71:140-50.
- 9 Ivy JL. Optimisation of glycogen stores. In: Maughan RJ, editor. *Nutrition in sport*. Londen: Blackwell Science; 1999. p. 97-111.
- 10 Maughan RJ. Water and electrolyte loss and replacement in exercise. In: Maughan RJ, editor. *Nutrition in sport*. Londen: Blackwell Science; 1999. p. 226-40.
- 11 Jeukendrup AE, Jentjens R. Oxidation of carbohydrate feedings during prolonged exercise: current thoughts, guidelines and directions for future research. *Sports Med* 2000;29:407-24.
- 12 Jeukendrup AE, Saris WH, Wagenmakers AJ. Fat metabolism during exercise: a review – part III: effects of nutritional interventions. *Int J Sports Med* 1998;19:371-9.
- 13 Jeukendrup A, Brouns F, Wagenmakers AJ, Saris WH. Carbohydrate-electrolyte feedings improve 1 h time trial cycling performance. *Int J Sports Med* 1997;18:125-9.
- 14 Boesch C, Slotboom J, Hoppeler H, Kreis R. In vivo determination of intra-myocellular lipids in human muscle by means of localized 1H-MR-spectroscopy. *Magn Reson Med* 1997;37:484-93.
- 15 Saris WH, Senden JM, Brouns F. What is a normal red-blood cell mass for professional cyclists? *Lancet* 1998;352:1758.
- 16 Saris WH, Schrijver J, Erp-Baart MA van, Brouns F. Adequacy of vitamin supply under maximal sustained workloads: the Tour de France. *Int J Vit Nutr Res* 1989;30:205-12.
- 17 Fontecave M, Pierre JL. Iron: metabolism, toxicity and therapy. *Biochimie* 1993;75:767-73.
- 18 Sen CK. Oxidants and antioxidants in exercise. *J Appl Physiol* 1995;79:675-86.
- 19 Gezondheidsraad. Voedingsnormen. Calcium, vitamine D, thiamine, riboflavine, niacine, pantotheenzuur en biotine. Publicatienr 2000/12. Den Haag: Gezondheidsraad; 2000.
- 20 Gezondheidsraad. Voedingsnormen. Energie, eiwitten, vetten en verteerbare koolhydraten. Publicatienr 2001/19. Den Haag: Gezondheidsraad; 2001.
- 21 Pasma WJ, Baak MA van, Jeukendrup AE, Haan A de. The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. *Int J Sports Med* 1995;16:225-30.
- 22 Terjung RL, Clarkson P, Eichner ER, Greenhaff PL, Hespel PJ, Israel RG, et al. American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:706-17.
- 23 Maughan RJ. Nutritional ergogenic acids and exercise performance. *Nutr Res Rev* 1999;12:255-80.